

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 198 49 739 C 2

51 Int. Cl.⁷:
H 04 R 25/00
H 04 R 3/00

21 Aktenzeichen: 198 49 739.3-35
22 Anmeldetag: 28. 10. 1998
43 Offenlegungstag: 31. 5. 2000
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 31. 5. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Siemens Audiologische Technik GmbH, 91058
Erlangen, DE

74 Vertreter:

Zedlitz, P., Dipl.-Inf.Univ., Pat.-Anw., 80331
München

72 Erfinder:

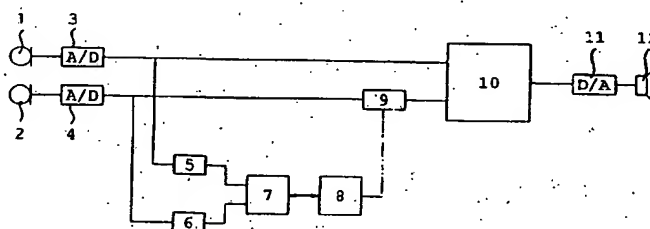
Fischer, Eghart, 91126 Schwabach, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 43 27 901 C1
DE 26 30 958 B2
DE 296 10 008 U1
US 47 51 738
EP 08 48 573 A2
EP 05 79 152 A1
EP 04 66 676 A2

54 Adaptives Verfahren zur Korrektur der Mikrofone eines Richtmikrofonsystems in einem Hörgerät sowie
Hörgerät

57 Hörgerät mit einem Lautsprecher, einer Signalverarbeitungseinheit und mindestens zwei Mikrofonen zur Bildung eines Richtmikrofonsystems, dadurch gekennzeichnet, daß ein Vergleichselement (7) zur Ermittlung einer Abweichung von Kennwerten, insbesondere des Amplitudengangs, der Signale der Mikrofone (1, 2) sowie ein Regelement (8) und ein Stellelement (9) zur Angleichung voneinander abweichender Kennwerte der Signale der Mikrofone (1, 2) durch Korrektur mindestens eines Signals eines Mikrofons (1, 2) vorgesehen sind.



DE 198 49 739 C 2

DE 198 49 739 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Hörgerät mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 11.

Als Stand der Technik sind Hörgeräte, z. B. das Modell "Signia" der Siemens Audiologischen Technik GmbH, Firmenprospekt Nr.: A 91100-M5100-B752-01 WS 9995, C6045, mit aus zwei Mikrofonen bestehenden Richtmikrofonsystemen bekannt, bei denen die einzelnen Mikrofone zur Erzielung einer guten Richtwirkung in ihren Kennwerten (z. B. Amplitudengang) auf einander abgestimmt und gemeinsam im Hörgerät verbaut werden. Etwaige verbleibende Abweichung der Kennwerte der Mikrofone voneinander werden durch Trimmwiderstände ausgeglichen.

Bei derartigen Hörgeräten können im Verlauf der Lebensdauer z. B. durch Alterung, Umwelteinflüsse oder auch durch anatomische Eigenheiten des Benutzers auftretende Abweichungen der Kennwerte der Mikrofone des Richtmikrofonsystems nicht berücksichtigt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Hörgerät mit Richtmikrofonsystem sowie ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Hörgeräts anzubieten, bei denen eine Abweichung von Kennwerten der Mikrofone des Richtmikrofonsystems und damit eine Verschlechterung der Richtwirkung vermieden wird.

Die Aufgabe wird für das Hörgerät durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen des Hörgeräts werden durch die Unteransprüche 2-10 realisiert. Für das Verfahren wird die Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 11 in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gelöst. Vorteilhafte Verfahrensvarianten werden in den Unteransprüchen 12-15 beschrieben.

Wenn Kennwerte (z. B. Amplitudengang, Phasengang) der Signale der Mikrofone des Richtmikrofonsystems des erfindungsgemäßen Hörgeräts voneinander abweichen und damit die Richtwirkung unerwünscht beeinträchtigt würde, wird dies durch das erfindungsgemäße Vergleichselement durch Kennwertvergleich (z. B. durch Differenzbildung der Signale) festgestellt. Über einen im Regelement ablaufenden Regelprozeß werden Korrekturfaktoren ermittelt, wodurch die Kennwerte der Signale mindestens eines Mikrofons verändert und an die Kennwerte des anderen oder der anderen Mikrofone angeglichen werden.

Als Ergebnis des Regelprozesses sind die Kennwerte der Mikrofonsignale wieder aneinander angeglichen, so daß die durch das Vergleichselement festgestellte unerwünschte Beeinträchtigung der Richtmikrofoncharakteristik behoben wurde und die Mikrofonsignale in der Signalverarbeitungseinheit des erfindungsgemäßen Hörgeräts verarbeitet werden können.

Diese adaptive Angleichung der Mikrofonkennwerte findet laufend während des Betriebs des erfindungsgemäßen Hörgeräts statt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform werden die Mikrofonsignale vor der Zuführung zum Vergleichselement gefiltert, um weitgehend unabhängig von der vorliegenden Umgebungsschallsituation eine praktisch isolierte Ermittlung der Mikrofonkennwerte und damit etwaiger abweichender Mikrofoncharakteristiken ermitteln zu können.

Vorteilhafterweise werden hierzu Tiefpaßfilter, z. B. Chebyshev Typ I-Filter, verwendet, um besonders bei mittleren oder höheren Frequenzen auftretende Laufzeitunterschiede zwischen den einzelnen Mikrofonen des Richtmikrofonsystems zu unterdrücken.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform können auch einstellbare Bandfiltersysteme verwendet werden.

In einer digitalen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hörgeräts sind A/D-Wandler den Mikrofonen des Richtmikrofonsystems nach und dem Vergleichselement vorgeschaltet.

Insbesondere bei einem digitalen Hörgerät kann das Stellelement zur Angleichung der Kennwerte der Mikrofonsignale als programmierbares EDV-Modul ausgebildet sein und z. B. in den EDV-Teil der Signalverarbeitungseinheit integriert sein. Bei einem digital ausgeführten erfindungsgemäßen Hörgerät müssen demnach keine einzulötenden Trimmwiderstände in diskreter Bauweise verwendet werden.

Das erfindungsgemäße Stellelement kann nun die Kennwerte der Mikrofonsignale und damit die Mikrofonsignale in einem oder mehreren Mikrofonsignalpfaden simultan oder sukzessive verändern. Im einfachsten Fall eines Richtmikrofonsystems mit zwei Mikrofonen wird das Stellelement in einem Mikrofonsignalpfad angepaßt, um eine durch das Vergleichselement festgestellte Abweichung der Kennwerte der Mikrofone durch Angleichung eines Mikrofonsignals zu beseitigen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann sich das Stellelement in demjenigen Mikrofonsignalpfad befinden, der gerade aufgrund der eingestellten Richtmikrofoncharakteristik nicht verwendet wird. Durch das fortlaufend arbeitende Vergleichselement und damit auch das fortlaufend korrigierende Stellelement kann jedoch im Hintergrund ein ständiger Mikrofonabgleich erfolgen, so daß bei Zuschaltung des im Moment inaktiven Mikrofonsignalpfades ohne Zeitverzögerung ein bereits vollzogener Abgleich der Mikrofone vorliegt.

Vorteilhafterweise besitzt das erfindungsgemäße Hörgerät ein Speicherelement zur Abspeicherung von Korrekturfaktoren für die Kennwerte der Mikrofonsignale, so daß in Abhängigkeit von Hörgerätedaten (z. B. Hörgerätyp, Alter des Hörgeräts) oder Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) bereits vorab, also auch ohne oder parallel zu einer Aktivität des Vergleichselements eine korrigierende Angleichung der Mikrofonkennwerte durch Eingabe der abgespeicherten Korrekturfaktoren ins Stellelement erfolgen kann. Eine zusätzliche Feinkorrektur kann dann innerhalb besonders kurzer Zeit durch die Arbeit des Vergleichs- und des Stellelements erreicht werden.

Dabei können die Umgebungssituation und der momentane Status der Hörgerätedaten durch externe und interne Erfassungselemente an das Speicherelement weitergegeben werden. Durch ein Entscheidungselement kann dann in Abhängigkeit von den dem Speicherelement vorliegenden Daten entschieden werden, welche der abgespeicherten Korrekturfaktoren verwendet werden, so daß in Abhängigkeit von typisierten Statussituationen der Hörgerätedaten und Umgebungsdaten eine Vorabkorrektur und Angleichung der Mikrofonkennwerte erfolgen kann.

Das erfindungsgemäße Hörgerät kann als lernendes System ausgebildet sein und neue Hörgerätedaten und Umgebungsdaten in typisierter Form aufnehmen und aktualisieren.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden Kennwerte (z. B. Amplitudengang, Frequenzgang) der Signale der Mikrofone eines Richtmikrofonsystems erfaßt und bei Abweichung kontinuierlich aneinander angeglichen. Damit wird eine Verschlechterung der Richtwirkung des Richtmikrofonsystems vermieden.

Zunächst werden dabei die Kennwerte der Signale ermittelt und miteinander verglichen, um danach bei einer festgestellten erheblichen Abweichung, wobei der Grad der Er-

heblichkeit einstellbar ist, aneinander angeglichen zu werden. Als Ergebnis werden die Signale aneinander angepaßt und aufeinander abgestimmter Mikrofone verarbeitet, so daß eine unverfälschte Richtwirkung auftritt.

Die Anpassung der ermittelten und voneinander abweichenden Kennwerte kann dadurch erfolgen, daß schrittweise einer der Kennwerte mit einem Korrekturfaktor beaufschlagt wird und danach ein nochmaliger Vergleichsschritt stattfindet, um festzustellen, ob eine Annäherung an den oder die anderen Kennwerte stattgefunden hat. Falls dies der Fall ist, kann der genannte Korrekturfaktor nochmals verwendet werden, andernfalls kann das Vorzeichen oder die Schrittgröße des Korrekturfaktors verändert werden, um zügiger eine Angleichung zu erreichen.

In Abhängigkeit von Hörgerätedaten (z. B. Hörgerätetyp, Alter des Hörgeräts) oder Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) können abgespeicherte Korrekturfaktoren voreingestellt werden. Ein Feinabgleich der Kennwerte der Signale der verschiedenen Mikrofone kann dann über die beschriebene Verfahrensprozedur mittels Vergleichs-/Regel- und Stellelementen erfolgen. Insgesamt kann sich somit eine gemischte Mikrofonkorrektur ergeben, die einerseits auf geeigneten Korrekturfaktoren aufbaut und zusätzlich eine verbleibende Abweichung durch das beschriebene Regelverfahren schließt.

Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnungsfigur näher erläutert. In dem abgebildeten Prinzipschaltbild besitzt das Hörgerät ein Richtmikrofonsystem mit den beiden Mikrofonen 1, 2, deren Mikrofonsignale nachgeordnete A/D-Wandler 3, 4 durchlaufen, um danach über Filterelemente 5, 6 dem Vergleichselement 7 zugeführt zu werden.

Im Vergleichselement 7 findet ein Vergleich von Kennwerten der abgezweigten Signale der Mikrofone 1, 2 statt. Hier kann z. B. eine Differenz zwischen den beiden Mikrofonsignalen gebildet werden oder es können die Signale statistisch ausgewertet werden. Falls eine Abweichung bei der Differenzbildung auftritt, wird somit zunächst festgestellt, daß die Kennwerte der Signale der Mikrofone 1, 2 (z. B. die Amplituden- oder Frequenzgänge) nicht aufeinander abgestimmt sind und somit ein Abstimmungsbedarf besteht.

Daraufhin startet ein im Regelement 8 stattfindender Angleichungsprozeß, der z. B. durch Zuschlag oder Abzug von Korrekturfaktoren eine Angleichung der beiden voneinander abweichenden Kennwerte der Mikrofonsignale der Mikrofon 1, 2 erzielt.

Im vorliegenden Fall wird das Signal des Mikrofon 2 schrittweise durch Korrekturfaktoren verändert, so daß die Kennwerte des Signals des Mikrofon 2 an die Kennwerte des Signals des Mikrofon 1 herangeführt werden.

Nach jedem Regelvorgang im Regelement 8 erfolgt eine neue Abstimmung im Vergleichselement 7, um festzustellen, ob sich die anfangs festgestellte Abweichungslücke geschlossen hat. Erst wenn dies der Fall ist, erhält das Stellelement 9 den ermittelten optimalen Korrekturfaktor, um im Signalpfad des Mikrofon 2, also zwischen Mikrofon 2 und Signalverarbeitungseinheit 10, das Signal des Mikrofon 2 entsprechend zu verändern.

Letztendlich werden dann nach erfolgreichem Abgleich der Mikrofon 1, 2 in der Signalverarbeitungseinheit 10 die Signale nun aufeinander abgestimmter Mikrofone 1, 2 verarbeitet, um über den D/A-Wandler 11 dem Lautsprecher 12 zugeführt zu werden.

Konkret kann das Mikrofon 1 nach hinten und das Mikrofon 2 nach vorne gerichtet sein. Bei ausschließlich von der Seite auftreffendem Schall treten keine Laufzeitunterschiede zu den Mikrofonen 1, 2 auf, so daß die Signale der Mikrofone 1, 2 identisch sein müßten. Wenn in einem derar-

tigen Fall über das Vergleichselement 7 dennoch eine Abweichung der Signale der Mikrofone 1, 2 detektiert wird, so liegt dies mit hoher Wahrscheinlichkeit an den unterschiedlichen Charakteristiken der Mikrofone 1, 2. Durch den daraufhin einsetzenden Regelungs- und Vergleichsprozeß im Regelement 8 und im Vergleichselement 7 wird diese Abweichung durch Ermittlung eines optimalen Korrekturfaktors beseitigt.

Der optimale Korrekturfaktor wird über das Stellelement 9 dem Signalpfad des Mikrofon 2 zugeführt, so daß die Abweichung der Charakteristik des Mikrofon 2 vom Mikrofon 1 beseitigt wird.

Über die insbesondere als Tiefpaßfilterelemente 5, 6 kann der ständig stattfindende Abgleich der Mikrofone 1, 2 unabhängig von der jeweiligen Schallsituation erfolgen, da durch die im Vergleichselement 7 betrachteten tieffrequenten und langwelligen Signalanteile der Mikrofone 1, 2 etwaige Laufzeitunterschiede zu den Mikrofonen 1, 2 in den Hintergrund treten und etwaige unterschiedliche Mikrofoncharakteristiken 1, 2 – welche es ja zu beseitigen gilt – im Vordergrund stehen und damit detektiert und behandelt werden können.

In der Signalverarbeitungseinheit 10 kann auch ein Speicherelement (nicht abgebildet) angeordnet sein, indem bereits vorab Korrekturfaktoren zur Kennwertkorrektur voneinander abweichender Mikrofonkennwerte abgespeichert sind. Wenn das erfindungsgemäße Hörgerät nun über Empfangselemente (nicht abgebildet) Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) oder Hörgerätedaten (z. B. Hörgerätetyp, Alter des Hörgeräts) erfaßt, können nun direkt oder in Zusammenarbeit mit einem Entscheidungselement (nicht abgebildet), welches auch in der Signalverarbeitungseinheit 10 angeordnet sein kann, geeignete Korrekturfaktoren vorab in das Stellelement 9 eingegeben werden.

Derartige Korrekturfaktoren werden dann auch an das Vergleichselement 7 und das Regelement 8 weitergegeben. Falls dann dennoch weiterhin ein Regelungsbedarf besteht, da durch das Vergleichselement 7 weiterhin eine Abweichung der Kennwerte der Signale der Mikrofone 1, 2 festgestellt wird, kann zusätzlich zu den bereits voreingestellten Korrekturfaktoren im Stellelement 9 ein zusätzlicher Korrekturfaktor durch das Zusammenwirken von Vergleichselement 7 und Regelement 8 in das Stellelement 9 eingegeben werden.

Durch die Voreingabe von geeigneten Korrekturfaktoren aus dem Speicherelement kann eine schnellere Angleichung der Mikrofoncharakteristiken erfolgen, als dies durch ein reines Regelungs- und Vergleichsverfahren in Vergleichselement 7 und Regelement 8 der Fall sein könnte.

Wenn nun das erfindungsgemäße Hörgerät aufgrund der eingestellten Richtmikrofoncharakteristik allein mit dem Mikrofon 1 betrieben wird (also omnidirektional), kann trotz der momentanen Inaktivität des Signalpfads des Mikrofon 2 eine laufende Angleichung der Mikrofone 2, 1 erfolgen, obwohl das Mikrofon 2 zur Zeit keine signalverarbeitenden Daten für die Signalverarbeitungseinheit 10 aufnimmt.

Durch eine derartige Mikrofonadaptation im Hintergrund kann bei erneuter Aktivierung des Mikrofon 2 bereits ohne Zeitverlust auf abgeglichenen Mikrofone 1, 2 zurückgegriffen werden.

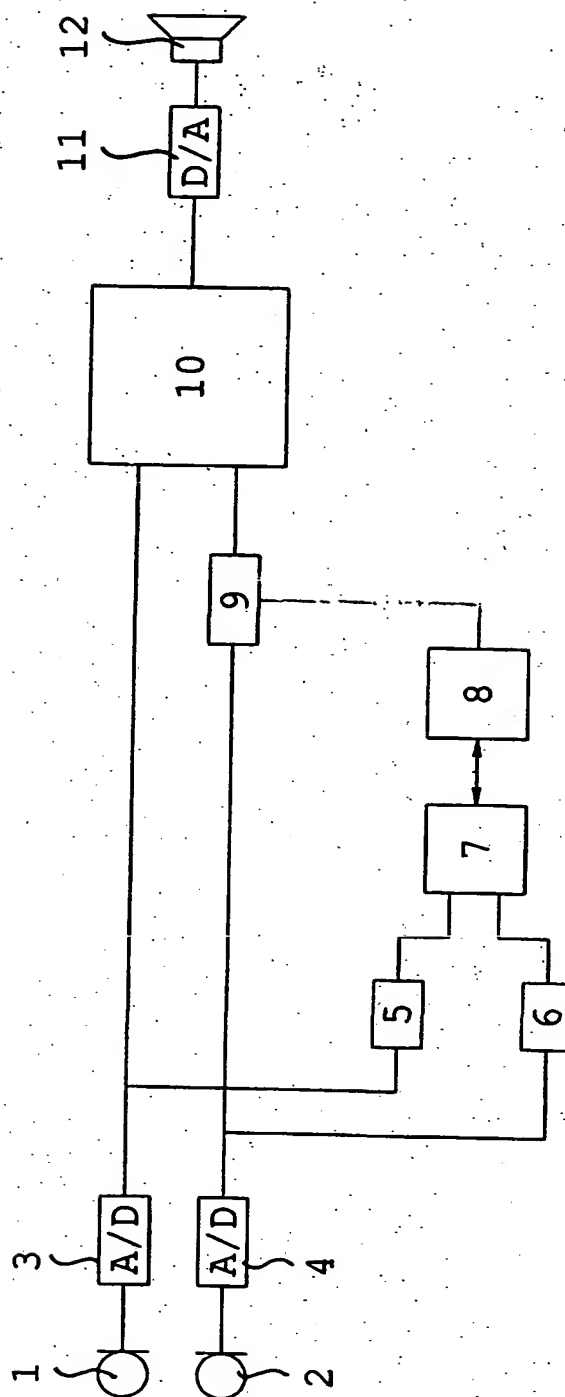
Patentansprüche

1. Hörgerät mit einem Lautsprecher, einer Signalverarbeitungseinheit und mindestens zwei Mikrofonen zur Bildung eines Richtmikrofonsystems, dadurch ge-

- kennzeichnet, daß ein Vergleichselement (7) zur Ermittlung einer Abweichung von Kennwerten, insbesondere des Amplitudengangs, der Signale der Mikrofone (1, 2) sowie ein Regelement (8) und ein Stellelement (9) zur Angleichung voneinander abweichender Kennwerte der Signale der Mikrofone (1, 2) durch Korrektur mindestens eines Signals eines Mikrofons (1, 2) vorgesehen sind.
2. Hörgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Filterelemente (5, 6) zur Filterung der dem Vergleichselement (7) zugeführten Signale der Mikrofone (1, 2) vorgesehen sind.
3. Hörgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterelemente (5, 6) Tiefpaßfilter sind.
4. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß A/D-Wandler (3, 4) den Mikrofonen (1, 2) nach- und dem Vergleichselement (7) vorgeschaltet sind.
5. Hörgerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement (9) als programmierbares EDV-Modul ausgebildet ist.
6. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement (9) einzelnen Signalfaden der Mikrofone (1, 2) zur Beeinflussung der jeweiligen Kennwerte der Signale der Mikrofone (1, 2) zuschaltbar ist.
7. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement (9) dem Signalfaden eines aufgrund der eingestellten Richtcharakteristik im Moment inaktiven Mikrofons (1, 2) zuschaltbar ist.
8. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Speicherelement zur Abspeicherung von Korrekturfaktoren für die Kennwerte der Signale der Mikrofone (1, 2) in Abhängigkeit von Hörgerätedaten (z. B. Hörgerätetyp, Alter des Hörgeräts) oder Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) vorgesehen ist.
9. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß Empfangselemente zur Erfassung von Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) vorgesehen sind.
10. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-9 dadurch gekennzeichnet, daß ein Entscheidungselement zur Bestimmung von Korrekturfaktoren für die Kennwerte der Signale der Mikrofone (1, 2) in Abhängigkeit von Hörgerätedaten (z. B. Hörgerätetyp, Alter des Hörgeräts) oder Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) vorgesehen ist.
11. Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts mit einem Lautsprecher, einer Signalverarbeitungseinheit und mindestens zwei Mikrofonen zur Bildung eines Richtmikrofonsystems, insbesondere zum Betrieb eines Hörgeräts nach einem der Ansprüche 1-10, dadurch gekennzeichnet, daß Kennwerte von Signalen der Mikrofone erfaßt und zur Abstimmung der Mikrofone kontinuierlich aneinander angeglichen werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennwerte der Signale der Mikrofone z. B. durch Differenzbildung miteinander verglichen und durch Regelung aneinander angeglichen werden.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ermittlung der Abweichung der Kennwerte der Signale der Mikrofone ein Korrekturfaktor zur schrittweisen Anpassung der Kennwerte der Signale aneinander ermittelt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11-13, dadurch gekennzeichnet, daß bei der schrittweisen Anpassung eine Auswahl der Schrittgröße und Schrittrichtung erfolgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8-14, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit von Hörgerätedaten und Umgebungsdaten eine Entscheidung über die Einstellung von Korrekturfaktoren zur Angleichung der Kennwerte der Signale der Mikrofone erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



SPECIFICATION

TITLE

**"ADAPTIVE METHOD FOR EQUALIZING SIGNALS FROM THE MICROPHONES
OF A DIRECTIONAL MICROPHONE SYSTEM, AND HEARING AID
FOR IMPLEMENTING THE METHOD"**

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

The present invention is directed to an adaptive method for equalizing signals from the microphones of a directional microphone system, as well as to a hearing aid for implementing the method.

Description Of The Prior Art

Hearing aids are known which have directional microphone systems consisting of two microphones, in which the parameters (e.g. amplitude response) of the individual microphones are tuned to each other and are installed in the hearing aid together, for achieving a good directivity. Any remaining deviations of the parameters of the microphones from each other are balanced by trimming resistors.

In hearing aids of this type, it is not possible to take into account deviations of the parameters of the microphones of the directional microphone system which arise over their lifetime, such as those due to aging, environmental influences or anatomical attributes of the user, for example.

SUMMARY OF THE INVENTION

An object of the present invention is to provide a hearing aid with a directional microphone system as well as a method for operating such a hearing aid, in which a deviation of parameters of the microphones of the directional microphone system, and thus a deterioration of the directivity, are avoided.

}

THIS PAGE BLANK (USPTO)

The above object is achieved in accordance with the principles of the present invention in a hearing aid, and a method for operating a hearing aid, wherein signals from at least two microphones of a directional microphone system are supplied to a comparison element which detects any deviations in parameters of the respective signals, such as the amplitude response, and the comparison element supplies a signal to a control element which, in turn, supplies a signal to an adjusting element connected in the signal path from at least one of the microphones. The adjustment element modifies the signal in the signal path in which it is corrected, and this modified signal, together with the signal from the other microphone, are supplied to a signal processing unit which produces a processed signal which is supplied as an output signal to an earphone.

When parameters (e.g. amplitude response, phase response) of the signals of the microphones of the directional microphone system of the inventive hearing aid deviate from each other, undesirably compromising the directivity, this is detected by the inventive comparison element by means of a parameter comparison (e.g. by subtracting the signals). Correction factors are calculated by a control process operating in the control element, by means of which factors the parameters of the signals of at least one microphone are modified and matched to the parameters of the other microphone(s).

As a result of the control process, the parameters of the microphone signals are again matched to one another, so that the undesirable compromising of the directional microphone characteristic that was detected by the comparison element is eliminated, and it is possible to process the microphone signals in the signal processing unit of the inventive hearing aid.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

This adaptive matching of the microphone parameters takes place continuously during the operation of the inventive hearing aid.

In an embodiment, the microphone signals are filtered prior to being supplied to the comparison element, in order to make it possible to perform a substantially isolated calculation of the microphone parameters and thus to detect possible deviating microphone characteristics substantially independently of the current ambient sound.

It is advantageous to utilize low-pass filters such as Chebychev Type I filters for this purpose, in order to suppress transit time differences between the individual microphones of the directional microphone system, which arise in the middle or higher frequencies, in particular.

In another embodiment, adjustable band filtering systems are used.

In a digital embodiment of the inventive hearing aid, A/D converters are connected downstream from the microphones of the directional microphone system upstream and of the comparison element.

In a digital hearing aid, in particular, the adjusting elements for matching the parameters of the microphone signals can be constructed as a programmable EDP module and can be integrated into the EDP part of the signal processing unit, for example. Accordingly, in a digitally realized inventive hearing aid, it is not necessary to use discrete, soldered-in trimming resistors.

The inventive adjusting element can modify the parameters of the microphone signals, and thus the microphone signals, in one microphone signal path or in several paths simultaneously or successively. In the simplest case of a directional microphone system with two microphones, the adjusting element in one microphone signal path is

THIS PAGE BLANK (USPTO)

adapted, in order to eliminate the deviation of the parameters of the microphones that has been detected by the comparison element by matching one microphone signal.

In another embodiment, the adjusting element can be located in that microphone signal path which is not being used specifically because of the adjusted directional microphone characteristic. Due to the continuously operating comparison element and thus the continuously correcting adjusting element, a constant equalizing or balancing of the microphone can occur in the background, so that, given activation of the currently inactive microphone signal path, a completed equalization of the microphone already exists, without any time delay.

The inventive hearing device can have a storage element for storing correction factors for the parameters of the microphone signals, so that a corrective matching of the microphone parameters can be accomplished in advance, that is, without or parallel to use of the comparison element, depending on hearing aid data (e.g. hearing aid type, age of the hearing aid) or environmental data (e.g. anatomy of the user, ambient sound) by entering the stored correction factors in to the adjusting element.

In this embodiment, the environmental situation and the current status of the hearing aid data can be forwarded to the storage element by external and internal detection elements. A decision element determines which of the stored correction factors are to be utilized, depending on the data available to the storage element, so that an advance correction and matching of the microphone parameters can occur depending on the stored, typical status situations of the hearing aid data and environmental data.

THIS PAGE BLANK 10

The inventive hearing aid can be constructed as a learning system and can pick up new hearing aid data and environmental data in a typified form and update this data.

In the inventive method, parameters (e.g. amplitude response, frequency response) of the signals of the microphone of a directional microphone system are acquired and are continuously matched to one another given deviation. A deterioration of the directivity of the directional microphone system is thus avoided.

First, the parameters of the signals are detected and compared to one another, in order to subsequently be able to be matched to one another given the determination of a significant deviation, the degree of significance being adjustable. As a result, the signals of microphones that are matched to each other and tuned to each other are processed, so that an unfalsified directivity results.

The matching of the detected and differing parameters can be accomplished by incrementally modifying one of the parameters with a correction factor, whereupon a repeated comparison step takes place, in order to determine whether this parameter has become closer to the other parameter(s). If it has, another modification using the correction can be made; otherwise, the operational sign or the increment size of the correction factor is modified, in order to achieve the matching more smoothly.

Depending on the hearing aid data (e.g. hearing aid type, age) or environmental data (anatomy of the user, ambient sound), stored correction factors can be preset. A fine equalizing of the parameters of the signals of the different microphones then can occur by the described method using the comparison/control and adjusting elements. The end result can be a mixed microphone correction which is based on suitable

THIS PAGE BLANK (USPTO)

correction factors, and which also decreases any remaining deviation by the described control method.

DESCRIPTION OF THE DRAWING

The single Figure is a schematic block diagram of a hearing aid constructed and operated in accordance with the principles of the present invention.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

In the illustrated block diagram, the hearing aid has a directional microphone system with the two microphones 1,2, whose microphone signals pass through respective A/D converters 3,4, in order to be subsequently supplied to a comparison element 7 via respective filtering elements 5,6.

In the comparison element 7, a comparison of parameters of the branched signals of the microphones 1,2 takes place. Here, a difference between the two microphone signals can be formed, or the signals can be statistically evaluated. If a deviation emerges in the difference formation, it is determined that the parameters of the signals of the microphone 1,2 (e.g. the amplitude or frequency responses) are not tuned to each other and that there is a need for tuning.

Consequent thereto, a matching process that takes place in the control element 8 begins, which achieves a matching of the two differing parameters of the microphone signals of the microphones 1,2 by adding or removing correction factors, for example.

In the present case, the signal of the microphone 2 is modified incrementally by correction factors, so that the parameters of the signal of the microphone 2 are brought into coincidence with the parameters of the signal of the microphone 1.

Subsequent to each control process in the control element 8, a new tuning occurs in the comparison element 7, in order to determine whether the initially

THIS PAGE BLANK (USPTO)

determined deviation no longer exists. Only when this condition occurs does the adjusting element 9 receive the calculated optimal correction factor, in order to correspondingly modify the signal of the microphone 2 in the signal path of the microphone 2, that is, between microphone 2 and the signal processing unit 10.

Finally, subsequent to the successful equalization of the microphones 1,2 in the signal processing unit 10, the signals of the microphones 1,2, which are now tuned to one another, are processed, in order to be fed to an earphone 12 via the D/A converter 11.

The microphone 1 can be directed toward the rear of the hearing aid, and the microphone 2 can be directed toward the front. Given sound that arrives exclusively from the side of the hearing aid, transit time differences to the respective microphones 1,2 do not arise, so that the signals of the microphones 1,2 would have to be identical. If, in such a case, a deviation of the signals of the microphones 1,2 is detected by the comparison element 7 despite this fact, then it is most likely attributable to the different characteristics of the microphones 1,2. This deviation is eliminated by the calculation of an optimal correction factor by means of the control and comparison process which consequently begins in the control element 8 and in the comparison element 7.

The optimal correction factor is fed to the signal path of the microphone 2 via the control element 9, so that the deviation of the characteristic of the microphone 2 from the microphone 1 is eliminated.

The filter elements 5,6, which can be low pass filter elements, the constant equalizing of the microphones 1,2 can occur independently of the respective sound situation. This is because due to the low-frequency and long-wave signal portions of the microphones 1,2 which are observed in the comparison element 7, any transit time

THIS PAGE BLANK (USPTO)

differences to the microphones 1,2 move into the background, and any different microphone characteristics 1,2, which are to be eliminated, remain in the foreground and thus can be detected and processed.

A storage element (not illustrated) can also be arranged in the signal processing unit 10 wherein correction factors for parameter correction of differing microphone parameters are stored in advance. When the inventive hearing aid captures environmental data (anatomy of the user, ambient sound situation) or hearing aid data (hearing aid type, age) via input elements (not illustrated), suitable correction factors can be entered into the adjusting element 9 in advance, directly or in conjunction with a decision element (not illustrated), which can be arranged in the signal processing unit 10 as well.

Such correction factors are then forwarded to the comparison element 7 and to the control element 8. If there is still a need for controlling, a deviation of the parameters of the signals of the microphones 1,2 identified by the comparison element 7, then an additional correction factor can be entered into the adjusting element 9 by the cooperation of comparison element 7 and the control element 8, in addition to the correction factors in the adjusting element 9 that were already preset.

On the basis of the pre-entering of suitable correction factors from the storage element, a more rapid matching of the microphone characteristics can occur than would be possible by a pure control and compare method in the comparison element 7 and the control element 8.

When, based on the set directional microphone characteristic, the inventive hearing aid is operated solely with the microphone 1 (that is, omnidirectionally), a continuous matching of the microphones 2,1 can occur despite the momentary inactivity

THIS PAGE BLANK (USPTO)

of the signal path of microphone 2, even though the microphone 2 is not picking up any signal-processing data for the signal processing unit 10 at the moment.

Based on this type of microphone adaptation in the background, the microphones 1,2 will already be equalized (balanced) given a renewed activation of the microphone 2, without any delay.

Although modifications and changes may be suggested by those skilled in the art, it is the intention of the inventor to embody within the patent warranted hereon all changes and modifications as reasonably and properly come within the scope of his contribution to the art.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

I CLAIM AS MY INVENTION:

1. A hearing aid comprising:
 - a first microphone having a first signal path associated therewith and a second microphone having a second signal path associated therewith;
 - a signal processing unit connected to said first and second signal paths for processing signals from said first and second microphones to generate a processed signal;
 - an earphone supplied with said processed signal which emits an audio signal corresponding to said processed signal;
 - a comparison element connected to each of said first and second signal paths preceding said signal processing unit, said comparison element generating a comparison result representing any deviations between respective parameters of said first and second signals;
 - a control element supplied with said comparison result which generates a control signal dependent on said comparison result; and
 - an adjusting element connected in at least one of said first and second signal paths preceding said signal processing unit, said adjusting element being supplied with said control signal and modifying the signal in said at least one of said first and second signal paths to balance the respective signals supplied to said signal processing unit in said first and second signal paths.
2. A hearing aid as claimed in claim 1 further comprising a first filtering element connected between said comparison element and said first signal path and a

THIS PAGE BLANK (USPTO)

second filter element connected between said comparison element and said second signal path.

3. A hearing aid as claimed in claim 2 wherein each of said first and second filtering elements comprises a low pass filter.

4. A hearing aid as claimed in claim 1 further comprising a first analog-to-digital converter connected between said first microphone and said comparator and a second analog-to-digital converter connected between said second microphone and said comparison element.

5. A hearing aid as claimed in claim 4 wherein said adjusting element comprises a programmable EDP module.

6. A hearing aid as claimed in claim 1 wherein, due to a predetermined directional characteristic of said directional microphone system, said second microphone is temporarily inactive, and wherein said adjustment element is connected in said first signal path.

7. A hearing aid as claimed in claim 1 further comprising a storage element for storing correction factors for said parameters of said respective signals of said first and second microphones dependent on at least one of hearing aid data and environmental data, and wherein said correction factors are available to said control element for use in generating said control signal.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

8. A hearing aid as claimed in claim 7 further comprising an input element for allowing entry of said environmental data into said storage element.

9. A hearing aid as claimed in claim 1 further comprising a decision element for determining correction factors for said parameters of the respective signals of said first and second microphones dependent on at least one of hearing aid data and environmental data, said decision element supplying said correction factor to said control element for use in generating said control signal.

10. A method for operating a hearing aid comprising the steps of:
converting incoming audio signals into respective electrical signals in two microphones forming a directional microphone system;
processing said electrical signals to obtain a processed signal;
converting said processed signal into an acoustic output signal; and
obtaining parameters of the respective electrical signals and matching said parameters continuously to each other for balancing said electrical signals from said microphones prior to processing said signals.

11. A method as claimed in claim 10 comprising comparing the respective parameters of said electrical signals to each other by subtraction for matching said electrical signals.

12. A method as claimed in claim 11 comprising, upon identifying a difference between said parameters as a result of said comparison, calculating a correction factor

THIS PAGE BLANK (USPTO)

for gradually conforming the respective parameters of said electrical signals to each other.

13. A method as claimed in claim 12 comprising selecting an increment size and an increment direction for gradually conforming the respective parameters of said signals to each other.

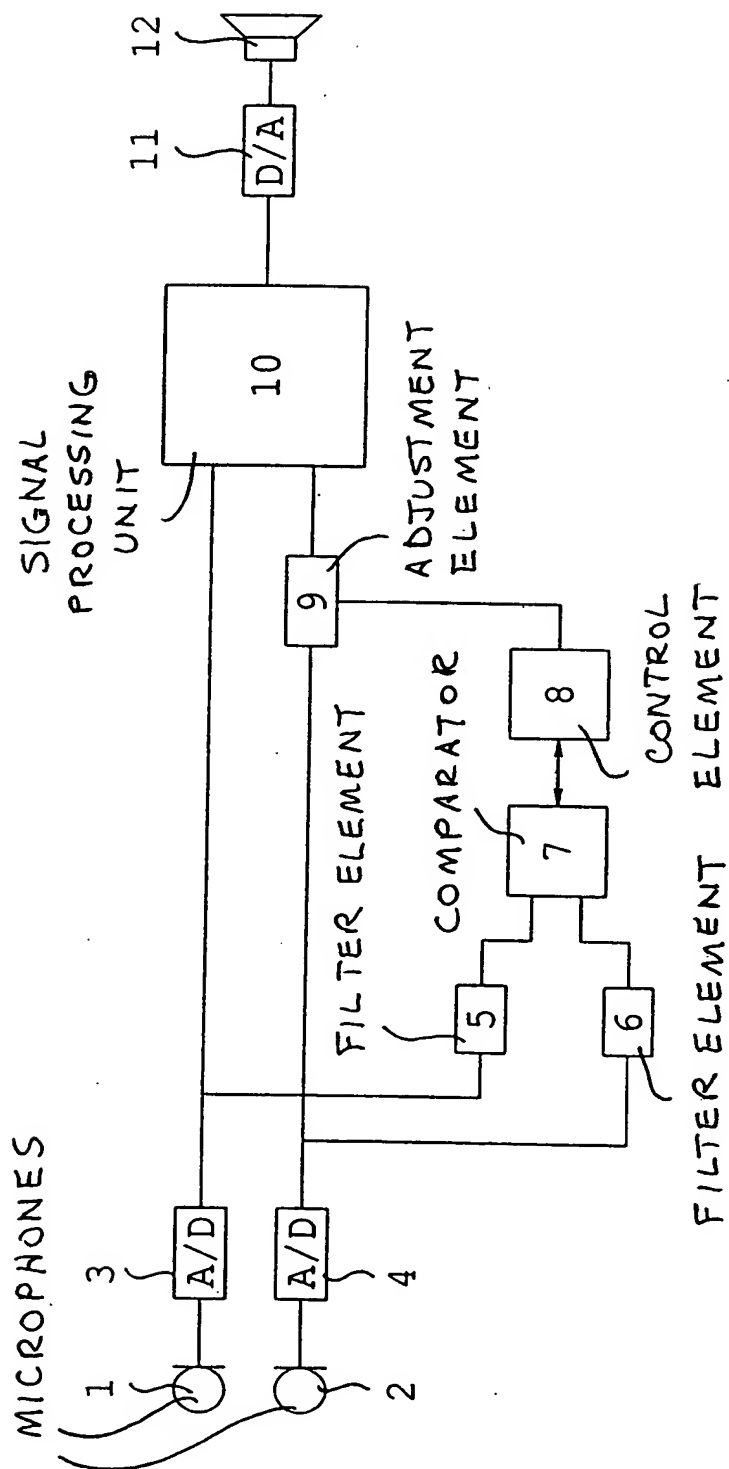
14. A method as claimed in claim 10 comprising identifying at least one of hearing aid data and environmental data, and generating a correction factor to match said respective parameters of said electrical signals to each other dependent on at least one of said hearing aid data and said environmental data.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

In an adaptive method for correcting the microphones of a directional microphone system in a hearing aid, and hearing aid for implementing the method, an earphone, a signal processing unit and at least two microphones for forming a directional microphone system are present in the hearing aid. In order to avoid an undesirable falsification of the directional microphone characteristic due to the fact that microphones are not tuned to each other, parameters of the signals of the two microphones are captured by a comparison element, a control element and an adjusting element.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)